Transport Canada
Development

Transports Canada
Développement

TP 5759E

Container Terminal Simulation Model

Summary Report

Prepared for
Transportation
Development Centre
Transport Canada

SEPTEMBER 1984

CA1
DTC 845
84
C57S
c.2

Canada

TP 5759E

CONTAINER TERMINAL SIMULATION MODEL

SUMMARY REPORT

PREPARED FOR:

TRANSPORTATION DEVELOPMENT CENTRE

BY:

Margaret A. MacIsaac, Eric D. Brown and Iain R. Grunwell

Department of Operational Research

Canadian National Railways

September 1984

Library and Information Centre / Centre de documentation (GSLA) RECEIVED FEB 20 1985 Transport Canada / Transports Canada

"The contents of this report reflect the views of the contractor and not necessarily the official views or policies of the Transportation Development Centre".

Egalement disponible en français

M279460P171

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 5759E	4604, 4905	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
CONTAINER TERMINAL SIMULATION MODEL - Summary Report	September 1984
	6. Performing Organization Report No. CF 5040-28-17/18
7. Author(s) M.A. MacIsaac, E.D. Brown and I.R. Grunwell	8. Transport Canada File No. D1450-129
9. Performing Organization Name and Address Canadian National Railways Operations Research and Industrial Engineering P.O. Box 8100 Montreal, Quebec H3C 3N4	10. DSS File No. 10SD.T8200-2-2504
	11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD82-00057
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) 1000 Sherbrooke Street West Suite 2421 Montreal, Quebec H3A 2R3	13. Type of Report and Period Covered July 82 - Aug. 84
	14. Sponsoring Agency Code TDC 4604, 4905
15. Supplementary Notes See also TP 5758E, 'CONTAINER TERMINAL SIMULATION MODEL USER'S MANUAL', Canadian National Railways, Sept. 1984	16. TDC Project Officer L.A. McCoomb W.G. Rowan

17. Abstract

The Container Terminal Simulation is a computer simulation of the major operations in an inland container terminal: inbound train arrivals and unloading, outbound trains departures and loading, storage of containers arriving by train or by truck, customer pick-up of containers. The model consists of a batch simulation and a graphical postprocessor. The simulation evaluates plant designs, equipment trade-offs and yard operating policies. The results are then transmitted to a microcomputer where the simulated operations in the terminal are replayed on a graphics monitor. This computer animation makes it easier to present and understand simulation results. The model was used to study equipment trade-offs at CN's Toronto container facility under projected increased traffic levels.

18. Key Words	19. Distribution Statement
intermodal terminals, computer simulation, computer graphics	A limited number of copies are available from the Transportation Development Centre

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	18	No Charge

TDC CDT 79-005

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. Nº du rapport Transports Canada	2. Nº de l'étude — CDT	3. Nº de catalogue du destinataire
TP 5759E	4604, 4905	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
CONTAINER TERMINAL SIMULATION MODEL - Summary Report	septembre 1984
	6. Nº du rapport de l'organisme exécutant: CF 5040-28-17/18

7. Auteur(s)	8. Nº de dossier Transports Canada
M.A. MacIsaac, E.D. Brown et I.R. Grunwell	D1450-129

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. Nº de dossier — ASC
Canadien National Recherche opérationnelle et Génie industriel C.P. 8100 Montréal, Québec H3C 3N4	10SD.T8200-2-2504
	11. Nº de contrat — ASC ou Transports Canada: OSD82-00057

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports (CDT) 1000 ouest, rue Sherbrooke Suite 2421 Montréal (Québec) H3A 2R3	juil 82 - août 84
	14. Code de l'organisme parrain: CDT 4604, 4905

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
See also TP 5758E,'CONTAINER TERMINAL SIMULATION MODEL' 'USER'S MANUAL', Canadian National Railways, Sept. 1984	L.A. McCoomb W.G. Rowan

17. Résumé

Le Modèle de simulation pour terminaux à conteneurs permet d'étudier sur ordinateur les principales opérations d'un terminal intérieur à conteneurs: arrivée, déchargement, chargement et départ des trains, entreposage des conteneurs acheminés par trains ou par camions, ramassage des conteneurs par les clients. Le modèle est exécuté à l'aide d'une simulation en traitement par lots et d'un postprocesseur graphique. Le programme de simulation sert à évaluer divers aménagements d'installations, matériels et méthodes d'exploitation des triages. Les données de l'analyse sont transmises à un micro-ordinateur qui reproduit les opérations simulées sur une unité d'affichage graphique. Cette animation sur ordinateur facilite grandement la présentation des résultats et leur compréhension. Au terminal à conteneurs du CN, à Toronto, le présent modèle a permis d'étudier plusieurs schémas d'utilisation du matériel en vue de répondre à l'accroissement prévu du trafic.

18. Mots-clés	19. Diffusion
terminaux intermodaux, simulation traitement graphique	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non-classifié	non-classifiée	18	Gratuit

CDT/TDC 79-005

SUMMARY

Intermodal movement of goods over road and rail has become an increasingly attractive method of transportation in recent years. At CN, the increased workload has put a great strain on the existing plant and equipment. Improvements to container terminals involve large capital expenditures. Therefore, each alternative must be carefully evaluated before a final decision is made. A computer simulation is an excellent way of analysing and comparing design alternatives.

The Container Terminal Model (CTM) is a computer simulation of the major operations in an inland container yard. It was developed by Canadian National Railways' Department of Operational Research and Industrial Engineering and partially funded by the Transportation Development Centre (TDC) of Transport Canada.

The model has been developed to aid engineers and transportation planning analysts in the design of new container terminals and in the modification of existing ones. The model consists of two parts: a computer simulation of the intermodal terminal operations, and a graphical postprocessor. The simulation can evaluate various plant layouts, equipment trade-offs and yard operating policies.

The results of the simulation can then be graphically replayed by the postprocessor, animating the major operations in the terminal. A graphical display of simulation output is a vastly superior way of presenting simulation results than previous methods. Rather than reading large volumes of statistical analysis and event logs, the user can now watch the simulated moves as they were processed in the model. Animation also makes it much easier to validate the logic of the simulation model. More importantly, the user can easily understand the model's logic, assumptions, and results.

A video presentation of the CTM is available from the TDC. This is an effective way to describe the model's features to interested parties. The video focuses primarily on the animated replay of the graphical post-processor.

TABLE OF CONTENTS

	Page
SUMMARY	
1. INTRODUCTION	1
2. THE SIMULATION MODEL	2
2.1 Hardware/Software Requirements	2
2.2 Inputs	2
2.3 Simulation	3
2.4 Simulation Output	5
3. THE GRAPHICAL POSTPROCESSOR	6
3.1 Hardware/Software Requirements	6
3.2 Set-up for Replay	6
3.3 Running a Replay	7
4. CONCLUSIONS	11

LIST OF FIGURES

Figure 1 Sample Yard	9

1. INTRODUCTION

In Canada, the transportation of goods in containers and trailers forms a significant portion of the total domestic and international traffic. Intermodal movement, where the long haul is over rail, is expected to become increasingly attractive compared to a straight highway haul as energy costs continue to climb. In such a move, the container or trailer passes through at least two terminals where it switches between rail and another mode such as ship or highway. It is important, therefore, to design intermodal terminals with the objective of reducing resource requirements and decreasing the time spent within the terminal, so as to make rail transportation even more cost efficient.

The design of terminals and analysis of equipment requirements has, in the past, been accomplished through manual simulation. However, a computer simulation improves the quality of the analysis by encompassing more detail than is feasible in a manual version, enabling a greater number of alternatives to be examined within a reasonable time span. The wealth of detail resulting from such a computer simulation must be presented in a concise and easily understandable fashion.

CN Rail's Operational Research group, in cooperation with the Transportation Development Centre (TDC) of Transport Canada, has developed a computer simulation of inland container terminals, which incorporates computer graphics. The Container Terminal Model (CTM) can be used to test terminal design alternatives and changes in the operating procedures.

The model consists of a batch computer simulation, and an animated replay. The simulation is parameter-driven and the resulting log of events is transmitted to a microcomputer where each event is displayed on a graphics screen.

The use of state-of-the-art computer technology such as the graphical postprocessor is a key feature in the CTM. The easily understood graphical displays greatly facilitate the transfer of the model results to improvements in terminal operations.

2. THE SIMULATION MODEL

2.1 Hardware/Software Requirements

The simulation model was developed on an IBM S/370 series machine with a TSO/SPF system. The model and the output reports are written in SIMSCRIPT II.5, a powerful modelling language. CN used the most recent version of the IBM compiler, V9.3, for model development.

The information required to run the simulation is entered at a computer terminal by means of formatted screens. Statistical Analysis Systems Inc. software (SAS and SAS/FSP) was used to design the formatted screen and to write the model preprocessor. If the model is being run on a system where SAS is not available, the data may be entered directly onto a sequential data file which can be read by the SIMSCRIPT program.

2.2 Inputs

There are four input data files, each of which can be edited separately. They are:

1. Plant layout and system parameters
   - duration of simulation, gathering of statistics, level of detail in the output
   - storage capacity and characteristics
   - gate processing time
   - average truck speed and flatcar length per TEU (twenty-foot equivalent unit)
   - positions of each gate, storage and track given in coordinates on a global grid of the yard layout.

2. Machine definitions
   - characteristics of the machine(s)
   - restrictions on its use
   - times to complete certain activities
   - shift duration and break schedules.

3. Train schedules
   - inbound and outbound trains
   - mean number of containers
   - assigned track
   - train arrival, departure, cut-off times
   - destination block data for outbound trains
   - number of corresponding empirical distribution.

4. Empirical distributions
   - arrival time in yard for outbound containers
   - customer pickup day for inbound containers
   - daily arrival pattern of inbound container pickup
   - train configuration (types of containers aboard)
   - empty container arrivals and departures in yard.

2.3 Simulation

The CTM simulates the following major operations in a terminal:

- train arrivals and departures;
- the storage of containers arriving by train or through the gate;
- customer pickup of inbound or empty containers;
- the unloading of inbound trains;
- the loading of outbound trains.

The following yard resources are modelled in the CTM:

1. Gate
   - processes paperwork for each container entering and leaving the yard;
   - hours and days of operation can be specified;
   - can have multiple servers at the gate.

2. Tracks
   - divided into spots to accommodate the flatcar space required for each container and adjacent trackside space.

3. Storage
   - multi-level areas for storing containers;
   - containers can be grouped by size, load vs. empty, and IMPEX vs. domestic;
   - each storage is divided into spots uniquely defined by row, column, and stack height.

4. Machines
   - used to load/unload containers from storages/trains/chassis and to move containers within the yard;
   - can be assigned to specific work areas, shifts, and types of work;
   - can be either a front or side loader, or a gantry crane.

A container arrives at an inland container terminal either by train or by truck. The train could have originated at another inland terminal or at a port terminal where the containers arrived by ship. Containers arriving by truck will either be sent out on an outbound train or stored in one of the on-site storage stacks.

The container cars arriving by train have previously been switched at the terminal's parent rail yard. One or more lifting machines are assigned to unload all the containers. They are removed from the flatcars, one by one, and placed in the appropriate storage area or directly on a chassis.

Containers arriving by truck pass through the terminal gate where their paperwork is processed. The driver then proceeds to the assigned yard destination, either the track (if the container is departing on an outbound train) or to storage (if the container is empty). The container is removed from the truck chassis and positioned by a lifting machine.

Containers leave the yard either by rail or by road. The containers which have been loaded onto flatcars will leave the yard when the track is pulled. The flatcars will pass through the parent yard where they may be switched onto a larger train. Containers that arrived by train leave the terminal by truck. Drivers from the container lines or the railways go to the appropriate storage area where they are met by a lifting machine. The lifter removes the container from its place in the storage stacks (which could involve the movement of other containers stacked on top of it) and places it on the truck chassis. The driver proceeds to the gate to sign release forms. Drivers may also arrive to pick up empty containers stored in the terminal's long term storage.

The CTM does not include such detail as the tracing of a container's whereabouts after it leaves the terminal, or the switching required to separate the intermodal flatcars from a larger train.

One of the assumptions in the simulation is that there will always be sufficient flatcars to handle all the containers arriving and departing by train. Therefore, questions of flatcar allocation and hitch utilization are beyond the scope of the model.

2.4 Simulation Output

The Container Terminal Model calculates many terminal performance indicators during a simulation run. Some of the statistics generated include:

- customer delays at gate
- gate queue length
- gate interarrival times
- track utilization
- storage utilization
- container traffic statistics
- customer service delays
- train load/unload times
- machine utilization
- track allocation plot.

One of the major outputs of each simulation run is an event log of the simulation which is transferred to a microcomputer for an animated replay of the run (See Chapter 3).

3. THE GRAPHICAL POSTPROCESSOR

3.1 Hardware/Software Requirements

The following equipment is used to run the graphical postprocessor:

A) Intel microcomputer - model 330A
B) Raster Technologies Model ONE/20 graphics display controller
C) 11" x 11" digitizer tablet with cursor (mouse)
D) 13" high resolution colour monitor (CRT) (512 x 512 pixels)
E) Standard CRT terminal.

All programs on the Intel computer run under the XENIX operating system. The programs that process the event log are written in the language "C". Instructions for the graphics controller are sent by calling FORTRAN subroutines.

The logfile which is produced by the simulation is passed down to the Intel by use of XENIX system routines. It is possible to store several different logfiles on the computer at the same time.

3.2 Set Up for Replay

At start-up, all the available logfiles are displayed on the screen menu. A digitizing mouse is used to enter all commands, replacing a standard keyboard. The function of each button on the mouse is displayed on the screen for easy reference.

When a yard layout is to be used for the first time, the paths equipment and trucks follow through the yard must be adjusted to more accurately display the traffic routes used in the container terminal. These paths are initially displayed as straight lines connecting all objects in the yard and can be modified using the mouse. This needs to be done only once for each yard layout being tested.

Before the replay can begin, the user must also set the speed of replay and the maximum running time of the display.

3.3 Running a Replay

After the user has selected the desired LOGFILE, a schematic of the yard is drawn on the screen, showing the gate house, tracks, storage areas, containers and machines. A photograph of the animated replay is shown in Figure 1. At the bottom of the screen are indicators of the current simulation time and time limit for the run. This sample yard is a "Zoomed Up" layout for higher photograph resolution. Under standard magnification other information on the current speed setting, last command entered and the function of each button on the mouse are displayed beneath the time limit line.

The user has several options available when replaying a simulation run. The events can either be displayed one by one, or in continuous mode with an adjustable speed. There is a fast forward command which enables the replay to skip forward (at 10 times normal speed) to a specified time. It is also possible to zoom in on any area of the screen, with up to 8 times normal magnification.

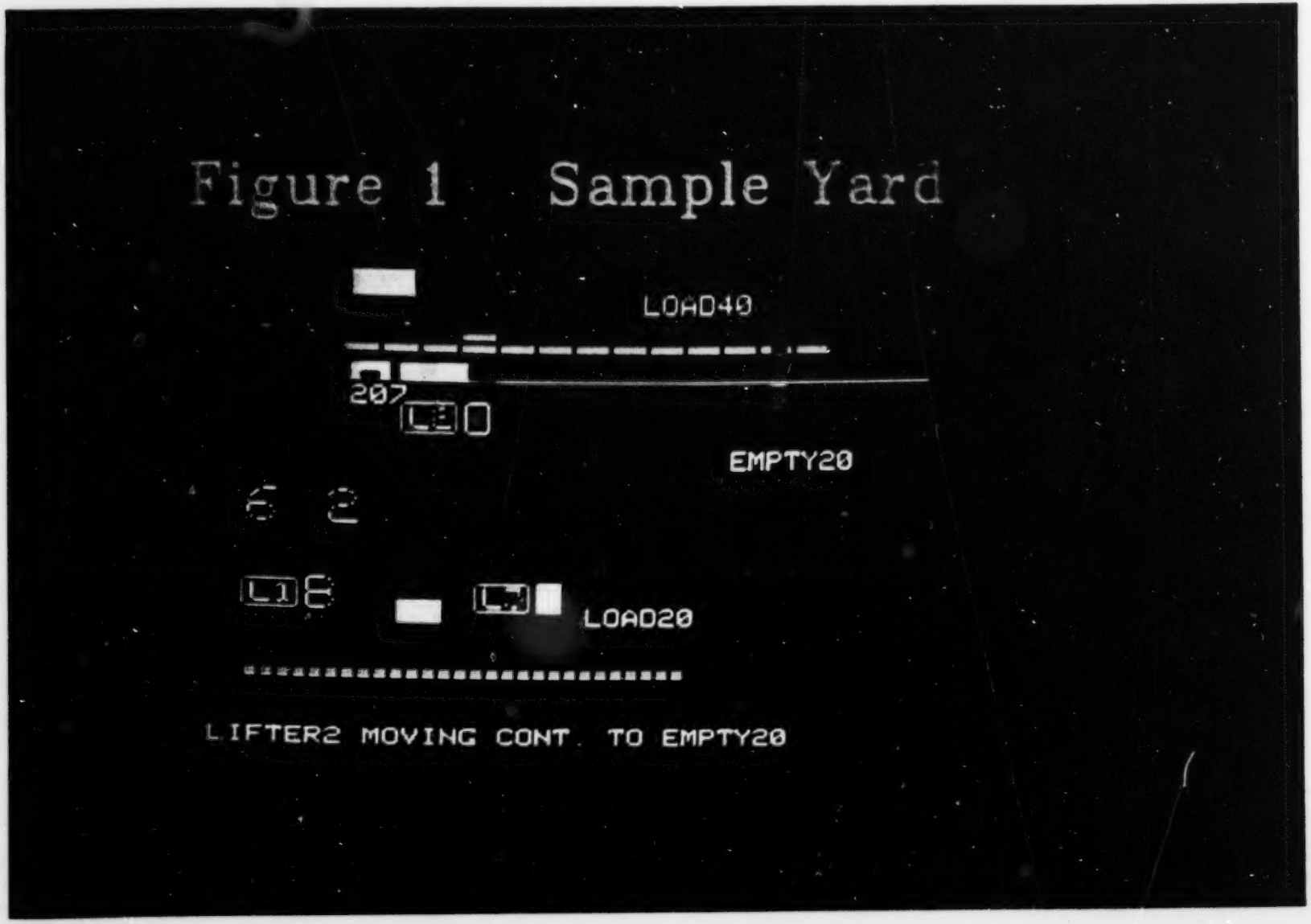
The perimeter of each storage area is represented by a blue rectangle. If the storage contains containers they are drawn inside. Information as to container size, stacking height, place of origin and load status can be obtained from the way a container is drawn within the storage.

Horizontal yellow lines represent tracks. When a cut of flatcars is placed on a track, the cars are indicated by a purple line over the yellow track line. The train name is shown underneath the first flat car from the left. Front loaders are drawn as white squares with the number of the loader written inside. Gantry cranes are shown as vertical blue bars over the track and adjacent storage area. The gate house is the solid green square with the red roof.

Front loaders and gantry cranes can pick up or place containers on trucks, flat cars and storage areas. To represent the loader positioning itself and to identify which container it is working on, the container blinks while the operation is in progress. Containers appear attached to the lifting machines and trucks when they are being carried by them. The machines and trucks move about the yard on the paths indicated by the user. When a container and/or truck leaves the yard, it disappears from the screen.

When the replay is started, messages appear at the bottom of the screen indicating which event will occur next. The associated object will move on the screen and the current simulation time shown at the bottom of the screen will increase. This process will continue until the time limit is reached or the user stops the replay.

Figure 1 Sample Yard



4. CONCLUSIONS

The Container Terminal Model (CTM) comprises a computer simulation model and post-simulation graphical output package. Together they form a very powerful system for analyzing the effect of alternative equipment, layout and operating procedures at an inland container terminal. The postprocessor adds an extra dimension to standard simulation output by dynamically showing the movements within a terminal.

Testing and validation of the CTM was carried out using data from CN's Conport terminal in Toronto. Current traffic levels, projected traffic increases and the effects of additional machines in alleviating yard congestion were examined. The results of these analyses are being used in CN's present study of Conport yard.

The graphical postprocessor is a prototype developed as a compromise between traditional simulation methods and fully interactive graphical simulation. The postprocessor serves three purposes.

First, it is very effective as a means of presenting results by showing the simulation behavior. Management and operations personnel can easily understand the steps the simulation goes through to generate results, increasing their confidence in the model.

Secondly, the postprocessor is a valuable tool in debugging the model. It is particularly useful in studying event sequencing, which must be done in program verification and validation.

Finally, the postprocessor can be used to analyze the simulated terminal performance. Specific time frames in a simulation can be played back so that the analyst can see and understand the operation. The playback permits detailed analysis of periods where peak traffic, congestion, high delay, etc. may have occurred. Typically these are important situations that need to be well understood for proper design. The postprocessor has received a very favourable reaction at CN.

Transports Canada
Développement

Transport Canada
Development

TP 5759F

Modèle de simulation pour terminal à conteneurs

Rapport sommaire

Préparé pour le
Centre de développement des transports
Transports Canada

SEPTEMBRE 1984

CA1
DTC 845
84
C57SZ
c.2

Canada

TP5759F

MODÈLE DE SIMULATION POUR TERMINAUX A CONTENEURS

RAPPORT SOMMAIRE

PRÉPARÉ POUR

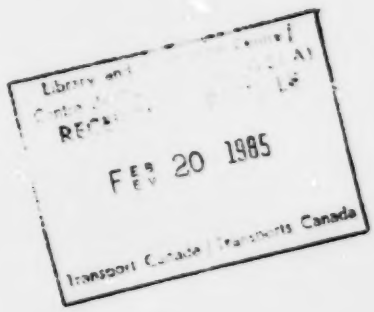
LE CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES TRANSPORTS

PAR

Margaret A. MacIsaac, Eric D. Brown et Iain R. Grunwell

Service de Recherche opérationnelle

des Chemins de fer nationaux du Canada



Septembre 1984

Le contenu du présent rapport reflète le point de vue de l'entrepreneur, mais ne représente pas nécessairement celui du Centre de développement des transports ou sa ligne de conduite.

Available also in English

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada TP 5759 F	2. N° de l'étude — CDT 4604, 4905	3. N° de catalogue du destinataire
4. Titre et sous-titre MODELE DE SIMULATION POUR TERMINAUX A CONTENEURS Rapport Sommaire		5. Date du rapport septembre 1984
		6. N° du rapport de l'organisme exécutant CF 5040-28-17/18
7. Auteur(s) M.A. MacIsaac, E.D. Brown et I.R. Grunwell		8. N° de dossier Transports Canada D1450-129
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant Canadien National Recherche opérationnelle et Génie industriel C.P. 8100 Montréal, Québec H3C 3N4		10. N° de dossier — ASC 10SD.T8200-2-2504
		11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada OSD82-00057
12. Nom et adresse de l'organisme parrain Centre de développement des transports (CDT) 1000 ouest, rue Sherbrooke Suite 2421 Montréal (Québec) H3A 2R3		13. Genre de rapport et période visée juil 82 - août 84
		14. Code de l'organisme parrain CDT 4604, 4905
15. Remarques additionnelles		16. Agent de projet — CDT L.A. McCoomb W.G. Rowan

17. Résumé

Le Modèle de simulation pour terminaux à conteneurs permet d'étudier sur ordinateur les principales opérations d'un terminal intérieur à conteneurs: arrivée, déchargement, chargement et départ des trains, entreposage des conteneurs acheminés par trains ou par camions, ramassage des conteneurs par les clients. Le modèle est exécuté à l'aide d'une simulation en traitement par lots et d'un postprocesseur graphique. Le programme de simulation sert à évaluer divers aménagements d'installations, matériels et méthodes d'exploitation des triages. Les données de l'analyse sont transmises à un micro-ordinateur qui reproduit les opérations simulées sur une unité d'affichage graphique. Cette animation sur ordinateur facilite grandement la présentation des résultats et leur compréhension. Au terminal à conteneurs du CN, à Toronto, le présent modèle a permis d'étudier plusieurs schémas d'utilisation du matériel en vue de répondre à l'accroissement prévu du trafic.

18. Mots-clés terminaux intermodaux, simulation traitement graphique	19. Diffusion Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.		
20. Classification de sécurité (de ce rapport) non-classifié	21. Classification de sécurité (de cette page) non-classifiée	22. Nombre de pages 18	23. Prix Gratuit

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 5759F	4604, 4905	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
CONTAINER TERMINAL SIMULATION MODEL - Summary Report	September 1984
	6. Performing Organization Report No. CF 5040-28-17/13
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
M.A. MacIsaac, E.D. Brown and I.R. Grunwell	D1450-129
9. Performing Organization Name and Address Canadian National Railways Operations Research and Industrial Engineering P.O. Box 8100 Montreal, Quebec H3C 3N4	10. DSS File No. 10SD.T8200-2-2504
	11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD82-00057
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) 1000 Sherbrooke Street West Suite 2421 Montreal, Quebec H3A 2R3	13. Type of Report and Period Covered July 82 - Aug. 84
	14. Sponsoring Agency Code TDC 4604, 4905
15. Supplementary Notes	16. TDC Project Officer L.A. McCoomb W.G. Rowan

17. Abstract

The Container Terminal Simulation is a computer simulation of the major operations in an inland container terminal: inbound train arrivals and unloading, outbound trains departures and loading, storage of containers arriving by train or by truck, customer pick-up of containers. The model consists of a batch simulation and a graphical postprocessor. The simulation evaluates plant designs, equipment trade-offs and yard operating policies. The results are then transmitted to a microcomputer where the simulated operations in the terminal are replayed on a graphics monitor. This computer animation makes it easier to present and understand simulation results. The model was used to study equipment trade-offs at CN's Toronto container facility under projected increased traffic levels.

18. Key Words	19. Distribution Statement
intermodal terminals, computer simulation, computer graphics	A limited number of copies are available from the Transportation Development Centre

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	18	No Charge

TDC CDT 79-005

RÉSUMÉ

Au cours des dernières années, le trafic intermodal qui fait intervenir la route et le rail est devenu le mode d'acheminement des marchandises le plus séduisant. Au CN, l'accroissement des volumes transportés impose un lourd fardeau aux installations et à l'équipement existants. L'amélioration des terminaux à conteneurs exige des dépenses en immobilisation considérables. C'est pourquoi, il faut étudier avec le plus grand soin chaque solution de rechange avant de prendre une décision définitive. La simulation sur ordinateur offre une excellente possibilité d'analyser et de comparer d'autres solutions.

Le modèle de simulation pour terminaux à conteneurs permet d'étudier sur ordinateur les principales opérations d'un terminal intérieur. Il a été mis au point par le service Recherche opérationnelle et Génie industriel des Chemins de fer nationaux du Canada, avec la participation financière du Centre de développement des transports de Transports Canada.

Ce modèle a été élaboré en vue d'aider les ingénieurs et les analystes chargés de la planification des transports à concevoir de nouveaux terminaux à conteneurs et à modifier ceux qui existent déjà. Il se divise en deux parties : une simulation sur ordinateur des opérations du terminal intermodal et un postprocesseur graphique. La simulation permet d'évaluer l'agencement des diverses installations, les échanges de matériels et les méthodes d'exploitation des terminaux.

Les résultats de la simulation peuvent alors être repris graphiquement par le postprocesseur qui reproduit les principales opérations effectuées dans le terminal. L'affichage graphique constitue une forme de présentation des résultats de simulation bien supérieure à celle qu'offraient les anciennes méthodes. Au lieu de se plonger dans l'étude de volumineuses analyses statistiques et du registre d'événements, l'utilisateur peut désormais suivre les opérations à mesure qu'elles sont simulées sur le modèle. L'animation rend aussi plus facile la validation de la logique du modèle. Fait encore plus important, l'utilisateur comprend plus aisément cette logique, les extrapolations et les résultats.

Pour obtenir une présentation vidéo du modèle de simulation pour terminaux à conteneurs, il suffit de s'adresser au Centre de développement des transports. Cette présentation constitue un excellent moyen de décrire et d'expliquer toutes les caractéristiques du modèle aux différents intéressés. La visualisation est essentiellement constituée par le redéfilement animé du postprocesseur graphique.

ÉQUIPE CHARGÉE DU PROJET

L'équipe CN chargée du projet était composée des membres suivants :

M. E.D. Brown
M. M.D. Drummond
M. I.R. Grunwell
Mlle M.A. MacIsaac de la Recherche opérationnelle
M. P.A. Breau
M. L. Dubé
M. G.W. Skelton du Génie Industriel

TABLE DES MATIÈRES

		Page
RÉSUMÉ		
1.	INTRODUCTION	1
2.	LE MODÈLE DE SIMULATION	2
	2.1 Matériel et logiciel	2
	2.2 Entrées	2
	2.3 Simulation	3
	2.4 Résultats de la simulation	5
3.	LE POSTPROCESSEUR GRAPHIQUE	7
	3.1 Matériel et logiciel	7
	3.2 Préparation en vue du redéfilement	7
	3.3 Déroulement d'un redéfilement	8
4.	CONCLUSIONS	12

Figures

Figure 1 Demontre le plan d'un terminal-épreuve 9

1. INTRODUCTION

Au Canada, le transport des marchandises en conteneurs et remorques constitue une part importante de l'ensemble du trafic intérieur et international. A mesure que les coûts de l'énergie augmentent, le transport intermodal -- dont la majeure partie s'effectue par rail -- se révèle de jour en jour plus séduisant, si on le compare au transport effectué uniquement par route. Dans ce type d'acheminement, conteneurs et remorques transitent par deux terminaux au moins pour emprunter un autre mode de transport : eau de route par exemple. Il est donc indispensable que l'agencement de ces terminaux soit conçu de manière à réduire les besoins en ressources et la durée de séjour des marchandises qui y transitent afin de rendre le transport ferroviaire encore plus rentable.

L'agencement des terminaux et l'analyse des besoins en matière d'équipement étaient effectués autrefois par simulation manuelle. Or, la simulation sur ordinateur améliore considérablement la qualité de l'analyse puisqu'elle prend en compte un plus grand nombre de détails que la simulation manuelle et qu'elle permet l'étude d'un plus grand nombre de solutions en un laps de temps raisonnable. La foison de données que produit une simulation sur ordinateur doit être présentée sous une forme concise et de compréhension facile.

De concert avec le Centre de développement des transports, le groupe de CN Rail chargé de la recherche opérationnelle a mis au point une simulation sur ordinateur de terminaux intérieurs à conteneurs qui fait appel à l'infographie. On peut se servir du modèle de simulation ainsi établi pour procéder à l'essai des solutions envisagées et pour modifier les méthodes d'exploitation.

Le modèle est constitué d'une simulation sur ordinateur de traitement par lots et d'un redéfilement animé. La simulation est effectué par paramètres et le registre des événements est transféré dans un micro-ordinateur qui affiche chaque événement sous forme de graphique sur un écran.

L'utilisation d'une technologie informatique de pointe, comme le postproceseur graphique, est un des éléments clés du modèle de simulation pour terminaux à conteneurs. Les affichages graphiques, si aisés à interpréter, facilitent grandement la transposition des résultats dans le opérations du terminal.

2. LE MODÈLE DE SIMULATION

2.1 Matériel et logiciel

Ce modèle a été mis au point sur un ordinateur IBM de la série S/370 fonctionnant en temps partagé et faisant appel au système SPF. Le modèle et les imprimés mécanographiques de sortie sont écrits en SIMSCRIPT II.5, langage de modélisation fort puissant. Au CN, on a utilisé le V9.3, dernier né des compilateurs IBM, pour la création du modèle.

A l'aide d'un affichage de type "formulaire", les renseignements nécessaires à l'exécution d'une simulation sont introduits dans l'ordinateur au moyen d'un terminal. C'est un logiciel de la Statistical Analysis Systems Inc. (SAS et SAS/FSP) qui a été utilisé pour la conception de cet affichage et la rédaction du préprocesseur. Si le modèle doit être utilisé dans un système ne faisant pas appel au logiciel SAS, on introduit directement les données dans un fichier séquentiel dont la lecture peut être effectuée par un programme SIMSCRIPT.

2.2 Entrées

Au nombre de quatre, les fichiers de données à traiter peuvent être mis en forme séparément. Ils sont constitués par :

1. les paramètres de l'agencement des installations et des systèmes :
   - durée de simulation, groupage des statistiques et densité des détails dans les résultats
   - capacité et caractéristiques du stockage
   - durée du traitement aux barrières
   - vitesse moyenne des camions et longueur moyenne des wagons plats par TEU (unité correspondant à 20 pieds)
   - emplacement de chaque barrière, aire de stockage et voie figurant dans les coordonnées d'une grille d'ensemble du terminal.

2. Données relatives au matériel de manutention
   - caractéristiques des grues
   - restrictions en matière d'utilisaiton
   - durée d'exécution de certaines activités
   - durée des postes et horaires des pauses

3. Horaires des trains
   - trains à l'arrivée et au départ
   - nombre moyen de conteneurs
   - voie affectée au train
   - arrivée et départ des trains et heures limites
   - données des blocs de destination pour les trains au départ
   - numéro de la distribution statistique correspondante

4. Distributions statistiques
   - heure d'arivée au terminal des conteneurs à expédier
   - jour de remassage, par le client, des conteneurs à l'arrivée
   - distributions des arrivées quotidiennes des conteneurs à ramasser
   - composition des trains (types de conteneurs chargés)
   - arrivées des conteneurs vides au terminal et départs de ces derniers du terminal.

2.3 Simulation

Le modèle établi simule les principales opérations effectuées dans un terminal :

- les arrivées et les départs des trains
- le storage des conteneurs arrivant par train ou par camion
- le rammassage par le client des conteneurs vides et pleins
- le déchargement des trains à l'arrivée
- le chargement des trains au départ

Les caractéristiques ci-dessous font partie du modèle :

1. Barrière
   - traitement des documents accompagnant chaque conteneur entrant au terminal ou en sortant
   - précision, s'il y a lieu, du nombre d'heures et de jours nécessaires à l'exécution des opérations
   - indication, s'il y a lieu, du nombre de préposés

2. Voies
   - division des voies en segments correspondant à l'espace-wagon nécessaire pour chaque conteneur, et l'espace latéral correspondant de la voie

3. Stockage
   - aires (à plusieurs niveaux) pour storage des conteneurs
   - regroupement des conteneurs par dimensions, état (chargés ou vides) et destination (IMPEX ou trafic intérieur)
   - division de chaque aire de stockage en sections définies par la rangée, la colonne et la hauteur de la pile.

4. Matériel de manutention
   - matériel utilisé pour le chargement ou le déchargement des conteneurs (à destination ou en provenance de l'aire de stockage, des trains ou des châssis) et pour leur déplacement dans le terminal
   - affectation possible à certains endroits, déplacements et types de travail
   - ledit matériel peut être constitué par une chargeuse à benne frontale ou latérale ou par un portique

C'est par train ou par camion que les conteneurs arrivent au terminal intérieur. Le point de départ du train peut aussi bien être un autre terminal intérieur qu'un terminal portuaire où les conteneurs ont été déchargés d'un navire. Les conteneurs qui arrivent au terminal par camion peuvent être expédiés par train ou entreposés sur place.

Les wagons chargés de conteneurs qui arrivent au terminal ont déjà fait l'objet de manoeuvres dans un triage ferroviaire. On affecte un ou deux appareils au déchargement des conteneurs qui sont retirés, un à un, des wagons plats pour être placés dans les aires de stockage appropriées ou directement sur les châssis.

Les conteneurs acheminés par camion doivent franchir la barrière du terminal où l'on procède au traitement des documents d'accompagnement. Ils sont ensuite transportés jusqu'au terminal de destination désigné, c'est à-dire la voie si les conteneurs doivent être transbordés dans un train qui doit partir ou l'aire de stockage s'il s'agit de conteneurs vides. Là, ils sont retirés du châssis et mis en place à l'aide d'un appareil de levage.

Leur sortie du terminal se fait par rail ou par route. Ceux qui ont été chargés sur des wagons plats quittent le terminal avec la rame sur laquelle ils sont chargés. Ces wagons plats passent au triage où ils peuvent être intégrés à un train plus long. Les conteneurs qui arrivent au terminal par train en ressortent par camion. Les chauffeurs au service du transporteur routier ou du chemin de fer conduisent leur véhicule jusqu'à l'aire de stockage où se trouve un appareil de levage. Ce dernier soulève le conteneur et le dépose sur le châssis du véhicule (pour ce faire, il doit quelquefois déplacer d'autres conteneurs empilés sur celui-là). Le chauffeur se dirige alors vers la barrière où il signe les documents de sortie. Il se peut que les chauffeurs aient simplement à prendre des conteneurs vides entreposés sur une aire de stockage de longue durée.

Le modèle de simulation ne fournit pas de données sur des détails comme le repérage d'un conteneur après sa sortie du terminal ou les manoeuvres nécessaires au triage d'un train plus long, des wagons plats en transport intermodal.

Dans un modèle de simulation, on présume qu'il y aura toujours suffisamment de wagons plats pour assurer l'acheminement, par train, des conteneurs à destination ou au départ du terminal. Les questions relatives à l'affectation de ces wagons ou à l'utilisation des chevalets d'arrimage ne sont donc pas prises en considération.

2.4 Résultats de la simulation

Le modèle mis au point possède de nombreux indicateurs qui permettent d'évaluer le rendement du terminal pendant la simulation. Parmi les statistiques fournies citons :

- les retards des clients à la barrière
- la longueur de la file d'attente à la barrière
- les laps de temps entre les arrivées à la barrière
- l'utilisation des voies
- l'utilisation des aires de stockage
- les statistiques sur le trafic de conteneurs
- les retards dans le service à la clientèle
- la durée des chargements et déchargements des trains
- l'utilisation des grues
- les segments des voies affectées aux opérations

Mais l'un des documents les plus importants résultant de l'opération est le registre des événements de la simulation qui est transféré dans un micro-ordinateur en vue du redéfilement animé de ladite opération. (Voir section 3.)

3. LE POSTPROCESSEUR GRAPHIQUE

3.1 Matériel et logiciel

Le postprocesseur graphique requiert l'utilisation du matériel suivant :

A) un micro-ordinateur Intel, modèle 330A
B) un contrôleur de visualisation graphique Raster Technologies, modèle ONE/20
C) un numériseur à curseur (souris) (11po x 11po)
D) un écran cathodique couleur de 13 po, à fort pouvoir de résolution (512 x 512 pixels)
E) un terminal à écran cathodique standard

Tous les programmes introduits dans l'ordinateur Intel sont exécutés conformément au système d'exploitation XENIX. Les programmes assurant le traitement du registre d'événements sont rédigés en langage C. Pour envoyer des instructions au contrôleur graphique, on fait appel à un sous-programme FORTRAN.

Le fichier de consignation produit par la simulation est transmis à l'ordinateur Intel à l'aide d'un programme du système XENIX. On peut mettre en mémoire plusieurs fichiers de consignation en même temps.

3.2 Préparation en vue du redéfilement

Au moment de la mise en route, tous les fichiers de consignation disponibles apparaissent au menu affiché. Pour introduire toute les commandes, on se sert d'une souris de numérisation et non d'un clavier standard. La fonction de chacun des boutons de la souris est affichée sur l'écran afin que l'on puisse s'y reporter aisément.

Quand on utilise le plan d'un terminal pour la première fois, on doit procéder au réglage des parcours simulant la circulation du matériel et des camions dans le terminal, en vue de reproduire plus exactement les itinéraires suivis. Ces parcours sont d'abord affichés sous forme de lignes droites reliant les principaux points du terminal ; on peut modifier les lignes à l'aide de la souris. Cette opération n'est effectuée qu'une seule fois, au moment de l'essai du plan.

Avant d'effectuer le redéfilement, l'utilisateur doit aussi procéder au réglage de la vitesse et de la durée maximale de visualisation de l'opération.

3.3 Déroulement d'un redéfilement

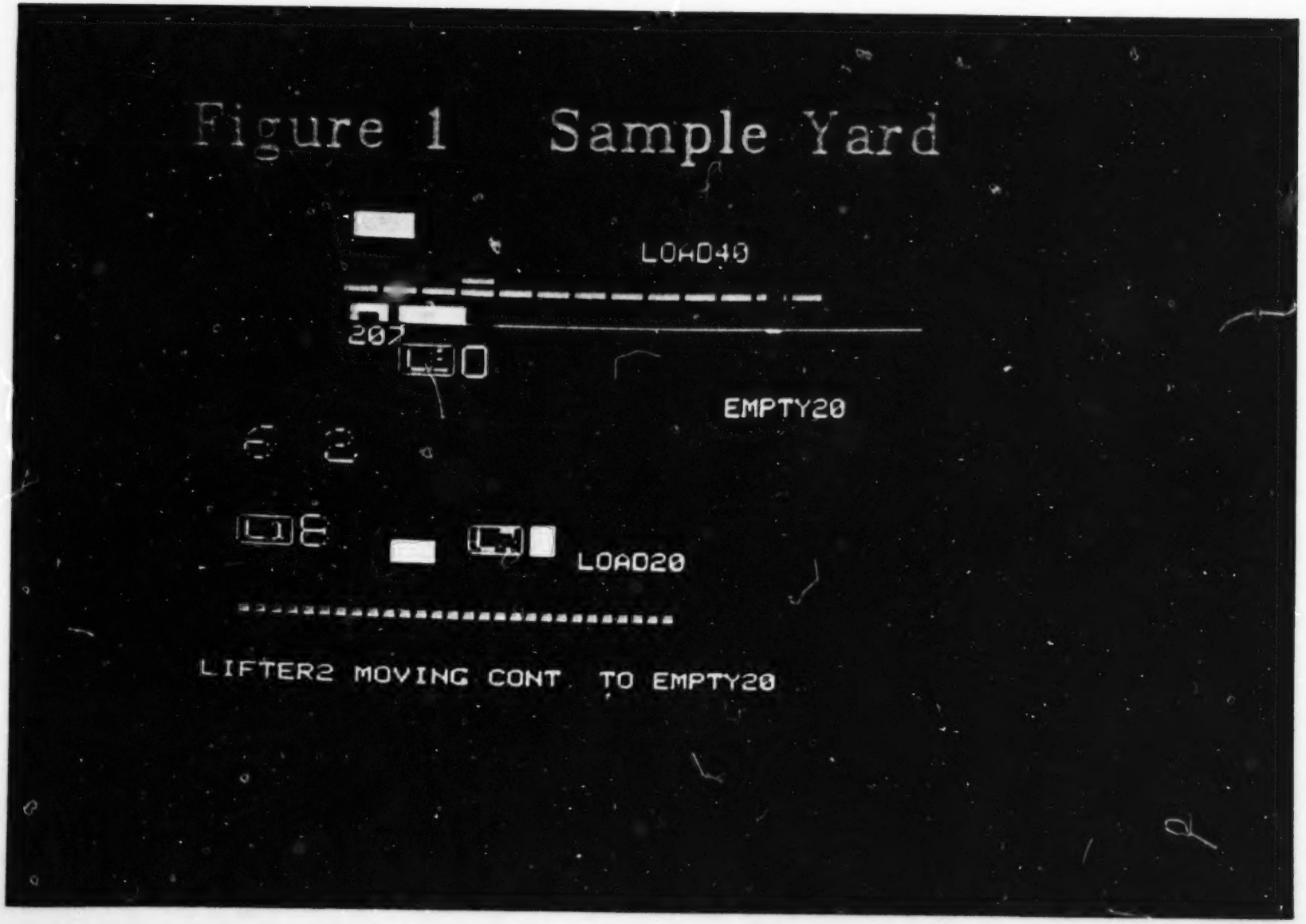
La sélection, par l'utilisateur, d'un fichier de consignation provoque l'affichage d'un schéma du terminal, sur lequel sont indiqués le poste d'entrée, les voies, les aires de stockage, les conteneurs et le matériel de manutention. On trouvera à la fig. 1 une photographie du redéfilement animé. A la partie inférieures de l'écran se trouvent des indicateurs qui signalent l'heure à laquelle se produit un événement dans la simulation en cours et l'heure limite du déroulement. Cette photographie est un gros plan de l'agencement du terminal. Au-dessous de la ligne indiquant l'heure limite, sont affichés, en grossissement normal, des renseignements portant sur le réglage de la vitesse, la dernière commande donnée et la fonction de chacun des boutons de la souris.

Plusieurs options s'offrent à l'utilisateur qui procède au redéfilement de la simulation. Les événements peuvent être affichés un à un ou en mode continu et la vitesse du défilement est réglable. Une commande de défilement rapide avant permet de sauter certaines séquences (en les faisant défiler dix fois plus rapidement) pour arriver au point voulu. On peut aussi grossir jusqu'à 8 fois n'importe quelle partie de l'écran.

Le périmètre de chaque aire de stockage est indiqué par un rectangle bleu. S'il s'y trouve des conteneurs, ils sont représentés. Tous les renseignements relatifs aux dimensions de ces derniers, à la hauteur de la pile, à leur point de départ et à leur état (chargés ou vides) sont fournis par la façon dont on les indique sur l'aire de stockage.

Les lignes jaunes horizontales représentent les voies. Quand une rame de wagons est placée sur l'une d'elles, leur emplacement est indiqué par une ligne violette sur la ligne jaune de la voie. La désignation du train apparaît sous le premier wagon plat à partir de la gauche. Les chargeuses à benne frontale sont représentées par un carré blanc dans lequel figure le numéro de la chargeuse. Les portiques sont signalés par des

Figure 1 Sample Yard



barres bleues verticales placées au-dessus des voies et des aires de stockage adjacentes. Le poste d'entrée est indiqué par un carré vert plein, surmonté d'un toit rouge.

Les chargeuses à benne frontale et les portiques peuvent placer les conteneurs sur les camions, les wagons plats et les aires de stockage ou les en retirer. Pour signaler le déplacement de la chargeuse et le conteneur qu'elle manutentionnera ce dernier clignote pendant toute la durée de l'opération. Sur l'écran, les conteneurs sont fixés aux appareils de levage et aux camions qui les transportent. Le matériel de manutention et les camions suivent, dans le terminal, le chemin indiqué par l'utilisateur. Quand un conteneur ou un camion quitte le terminal, il disparaît de l'écran.

Au moment où le redéfilement commence, des messages indiquant l'événement suivant apparaissent à la partie inférieure de l'écran. L'objet en cause se déplace sur l'écran et la durée de la simulation indiquée à la partie inférieure augmente. Le processus se poursuit jusqu'à l'heure limite prévue ou jusqu'au moment où l'utilisateur décide d'arrêter le redéfilement.

4. CONCLUSIONS

Le modèle mis au point pour les terminaux à conteneurs se compose d'un modèle de simulation par ordinateur et d'un logiciel graphique des résultats élaborés d'après la simulation. L'ensemble constitue un puissant système permettant d'analyser les effets, dans un terminal intérieur à conteneurs, de l'adoption d'un autre équipement, d'un nouvel agencement et de nouvelles méthodes d'exploitation. En indiquant de façon dynamique le mouvement des conteneurs dans un terminal, le postprocesseur ajoute une nouvelle dimension à la simulation classique.

L'essai et la validation de ce modèle ont été effectués à partir de données provenant du terminal Conport du CN, à Toronto. L'étude a porté sur les volumes actuels du trafic, leur accroissement prévu et les effets engendrés par l'expansion du parc de matériel de manutention pour réduire l'encombrement des terminaux. Les résultats de ces analyses sont utilisés actuellement dans l'étude du terminal Conport entreprise par CN.

Le postprocesseur graphique est un prototype représentant un compromis entre les méthodes de simulation classique et la simulation par infographie interactive. Son utilité est triple.

Tout d'abord, du fait qu'il indique le déroulement de la simulation, il constitue un moyen efficace d'en présenter les résultats. Le personnel de direction et d'exploitation comprend alors aisément les différentes phases de la simulation et accorde une plus grande confiance au modèle.

En second lieu, le postprocesseur constitue un précieux outil pour la mise au point du modèle. Il se révèle particulièrement utile dans l'étude de la séquence des événements que l'on doit entreprendre pour la vérification et la validation des programmes.

Le postprocesseur permet enfin d'analyser le rendement du terminal faisant l'objet de la simulation. Il est possible de faire redéfiler des tranches de temps particulières d'une simulation pour que l'analyste voie et comprenne l'opération. Grâce au redéfilement, on peut fiare une analyse détaillée des périodes au cours desquelles se sont produits des pointes de trafic, une congestion, un retard ou autres. Ces cas typiques constituent des situations qu'il est nécessaire de bien comprendre pour concevoir un agencement approprié. Le postprocesseur a été fort bien accueilli au CN.